Lane Medical Library

Aus der Universitäts-Frauenklinik zu München
Vorstand: Professor Dr. Döderlein

Blutveränderungen durch Röntgenstrahlen und Strahlen der radioaktiven Substanzen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät der Bayrischen
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Franz Anton Zilcken
Medizinalpraktikant

Universitätsverlag von Robert Noske in Borna-Leipzig
1931

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Bayrischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Referent: Geheimer Rat Professor Dr. Döderlein

Tag der mündlichen Prüfung: 9. Dezember 1931

dz. Dekan: Geh. Rat Professor Dr. Wessely

Inhalt.

Seite

I. Einleitendes 1
II. Mikroskopische Veränderungen 2
1. Leukozyten 2
2. Lymphozyten 3
3. Erythrozyten 3
4. Thrombozyten 4
III. Physikalische, chemische, kolloidchemische Veränderungen 4
1. Oberflächenspannung 4
2. Kohlensäurebindungsvermögen 5
3. Wasserstoffjonenkonzentration 6
4. Gefrierpunktserniedrigung 6
5. Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit 7
6. Hämolyse 7
7. Salze 8
8. Stickstoff 9
9. Eiweiß 9
10. Lipoide 10
11. Kohlehydrate 11
12. Hämoglobin 12
13. Blutgerinnung 12
IV. Fermentative und immunisatorische Veränderungen 13
1. Fermente 13
2. Bakterizidie 14
3. Komplemente 15
V. Schluß 15

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154014_0161

I. Einleitendes.

Unter den Allgemeinwirkungen der Röntgenstrahlen und Strahlen der radioaktiven Substanzen auf den lebenden Organismus steht die Wirkung auf das Blut an hervorragender Stelle. Darauf weisen einmal die Erscheinungen des sogenannten Röntgen- und Radiumkaters, wo wir neben der Änderung der zellulären Bestandteile des Blutes auch eine des Chlor, Kalium, Calcium, Cholesterinspiegels im Blute beobachten; weiterhin die Blutveränderungen bei Radiologen und Röntgenschwestern, welche neben Aubertin, Bordier, v. Jajic, Schwarz und Siebenrock (51), vor allem Caffaratti (8) studierte. Nach ihm sehen wir eine Inkonstanz des Blutbildes, die bald den Charakter einer Hyperleukozytose, der Leukopenie, der normalen Leukozytose mit normaler absoluter Lymphozytose annimmt, bald sich als Hyperleukozytose, Leukopenie, normale Leukozytose mit absoluter oder relativer Lymphopenie sich dokumentiert. In den schlimmsten Fällen, die lethal endigen, kommt es dann zu schwerer Anämie mit stark reduzierter Erythrozytenzahl, Verminderung des Hämoglobingehaltes und niedrigem Färbeindex.

Wohl am deutlichsten zeigt sich die Wichtigkeit der Blutveränderung durch Röntgenstrahlen bei den Versuchen, die Fraenkel und Nitsniewitsch (15) an Hündinnen, die an Sarkom der Vagina litten, ausführten. Sie legten operativ die Jugularvene frei, durchschnitten sie und schoben in beide Enden eine paraffinierte Kanüle ein, so daß die Blutpassage wiederhergestellt war. Dann unterlegten sie die Vene zum Schutze des Gewebes vor den Röntgenstrahlen mit einer Zinkplatte, deckten die Umgebung sorgfältig ab und bestrahlten mit bestimmten Dosen. Die Versuche ergaben, daß die unmittelbare Bestrahlung der Sarkome und die Bestrahlung des Blutes entfernterer Gefäße dieselben klinischen und histologischen Resultate zeitigten.

Nicht zuletzt läßt die äußerst umfangreiche Literatur über Blutveränderungen durch Röntgenstrahlen und Strahlen der radioaktiven Substanzen es berechtigt erscheinen, die wichtigsten Daten der einzelnen Forschungsergebnisse aus neuerer Zeit darzustellen.

II. Mikroskopische Veränderungen.

1. Leukozyten.

Bei Betrachtung der Formelemente des Blutes nach Röntgenbestrahlung fällt sofort die Änderung des weißen Blutbildes auf. Wir sehen nach etwa 1—2 Stunden nach der Bestrahlung einen Anstieg der Leukozyten, vor allem der Neutrophilen, welchem nach einigen Stunden, bisweilen erst nach 1—2 Tagen, ein starkes Absinken folgt. Die eosinophilen Zellen sind zunächst vermindert, nehmen aber mit der Zeit an Zahl zu. Die Wirkung auf die basophilen scheint gering zu sein. Neben anderen beobachtete Bock (4) bei der Differenzierung eine deutliche Linksverschiebung im Sinne von Arneth und Schilling. Bei den Monozyten fiel ihm die Konstanz ihres prozentualen Verhältnisses zur Gesamtzahl der Leukozyten auf. Erst nach einigen Wochen stellt sich das weiße Blutbild wieder zur Norm, davon abhängend, ob die Blutbildungsstätten mitbestrahlt wurden oder nicht. Fürst (18), der in dieser Richtung zahlreiche Beobachtungen anstellte, fand, daß die Leukozytenkurve mit dem tiefsten Punkt 2 Wochen nach der Bestrahlung, einen Wiederanstieg bis zum Ausgangspunkt nach 4 Wochen, dann nach insgesamt 6 Wochen einen zweiten kleinen Sturz erreicht habe, so daß sich erst ungefähr in der neunten Woche das Blutbild endgültig ausgegleichen hat. Während der erste größere Leukozytensturz bis auf fast 2000 heruntergeht, sinken die Leukozyten das zweitemal nur bis auf etwa 3500. — Ob die Leukozyten im strömenden Blute oder in vitro nach Röntgenbestrahlung zerfallen, konnte mit Sicherheit bisher nicht festgestellt werden, denn die Versuche von Neumann (53) ergaben, daß die Leukozyten nach Bestrahlung in vitro von 15 Fällen nur je einmal mit beschleunigtem Zerfall oder besonderer Zerreißlichkeit reagierten, so daß er zu dem Ergebnis kam, daß normalerweise kein Unterschied bestehe zwischen in vitro bestrahlten und nicht bestrahlten Leukozyten ein und desselben Blutes.

Bei der intravenösen Injektion radioaktiver Substanzen beobachtet man ebenfalls eine initiale Leukozytose und eine unmittelbar darauffolgende Leukopenie. Arneth (51) sah nach Darreichung von Thorium X eine deutliche Rechtsverschiebung, während Gudzent (51) bei tödlicher Thorium-X-Wirkung eine Leukopenie von 100 pro Kubikmillimeter beobachtete.

2. Lymphozyten.

Bei den Lymphozyten tritt, wenigstens nach Kaznelson und Lorant (45), ein beinahe entgegengesetztes Verhalten auf. Während des Anstiegs der Neutrophilen tritt ein Abfall der Lymphozyten ein, dagegen bei Abnahme der Leukozyten ein deutlicher Anstieg der Lymphozyten, vorausgesetzt, daß es sich um kleine Dosen handelt. Bei starken Dosen tritt ebenfalls ein Lymphozytensturz ein. Nach Poos (45) treten sogar die großen Lymphozytenformen im Gegensatz zu den kleinen gehäuft auf. Jedoch sind die Verhältnisse hier noch keineswegs geklärt. Bock (4) weist ausdrücklich darauf hin, daß man bei den Lymphozyten streng nach ihren relativen und absoluten Werten zu scheiden habe. Ihre der Bestrahlung folgende absolute Verminderung beginnt sich erst 8 bzw. 20 Tage später zu beheben; ihr Ausgleich zur Ursprungsziffer ist etwa 2 Monate später erreicht, dann gibt es eine absolute Lymphozytose. Unterschied im Zahlenverhältnis der großen und kleinen Lymphozyten fand er wiederum nicht.

3. Erythrozyten.

Wenn die Erythrozyten auch bei weitem nicht so radiosensibel sind wie die Leukozyten, so treten doch auch bei ihnen nach großen Dosen deutliche Veränderungen auf. Auch ihre Zahl (nach anfänglichem Ansteigen) verringert sich, zuweilen sogar bis auf 30%. Ferner stellen sich morphologische Änderungen wie Anisozytose und Poikilozytose ein. Polychromasie und punktierte Formen treten auf. Bei hochgradigem Sinken der Erythrozytenzahl sah Bock (4): Megalozyten und Megaloblasten. Ebenso fanden neuerdings Gloor und Zuppinger (21) leichte Anisozytose, hier und da Polychromasie, ganz selten basophile Punktierung.

Wie bei den Leukozyten so ließ sich auch bei den Erythrozyten bisher nicht feststellen, wo der Angriffspunkt der Röntgenstrahlen gelegen, ob im strömenden Blute oder in den Blutbildungsstätten.

Durch subkutane oder intravenöse Einverleibung kleinster Dosen radioaktiver Substanzen gelingt es, wenigstens im Tierversuch eine Erythrozytose bis zu 15 Millionen hervorzurufen, die sogar einige Wochen anhält. Während bei blutkranken Menschen die Erythropoese bei kleinen Strahlendosen oder Injektionen geringster Mengen radioaktiver Substanzen in Gang kommt, ist bei Blutgesunden dies noch wenig beobachtet. Wie überhaupt die Versuche von Woenkhaus (70) an weißen Laboratoriumsratten zeigen, bleibt Anämie aus, wenn Leber und Milz sorgfältig abgedeckt sind.

4. Thrombozyten.

Über das Verhalten der Blutplättchen liegen nur vereinzelte Beobachtungen vor. Auch ihre Zahl ist stets vermindert. Wie Pappenheim und Plesch (55) angeben, fanden sie nach tödlicher Thorium-X-Wirkung bei einem Kaninchen die Blutplättchenzahl herabgesetzt, die Größe derselben im einzelnen erhöht. Fabricius-Möller (13), der eingehende Untersuchungen an Meerschweinchen in dieser Hinsicht anstellte, fand, daß sogar nach kleinen Strahlendosen kaum mehr als 1000 Thrombozyten im Kubikmillimeter sich fanden, wo die Norm etwa 900000 pro Kubikmillimeter beträgt. Klewitz (51) berichtet über einen Fall von Peritonealtuberkulose, wo nach intensiver Bestrahlung die Zahl der Thrombozyten auf 50000 herabgegangen war.

Gilt es bei der Erfassung des Einflusses von Röntgenstrahlen und Strahlen der radioaktiven Substanzen auf die Formelemente des Blutes genau zu berücksichtigen den Blutstatus vor der Bestrahlung, die Art der Krankheit, den Bestrahlungsmodus, die Dosis usw., so trifft das erst recht zu, wenn es darauf ankommt, die Einwirkung der Strahlen auf die physikalischen, chemischen bzw. kolloidchemischen Vorgänge im Blute nachzuweisen. Da letztere viel komplizierter und schwerer erfaßsind, liegt es in der Natur der Sache, daß die vorliegenden Untersuchungsergebnisse keineswegs einheitlich sind.

III. Physikalische, chemische, kolloidchemische Veränderungen.

1. Oberflächenspannung.

Bei Betrachtung der mehr physikalisch-chemischen Vorgänge ergaben die Versuche von Strauß (63), daß die Oberflächenspannung des Serums nach Einwirkung von Röntgenstrahlen sich verringere, dagegen fanden Roffo und Degiorgi (56) in dem in vitro bestrahlten Serum die Oberflächenspannung wenig verändert; ebenso Cordua (10), der nur bei Karzinomfällen eine deutliche Tendenz im Sinne der Erniedrigung herauslesen konnte. Memmesheimer stellte bei 5 mit weicher Strahlung über große Hautpartien bestrahlten Patienten fest: Es trat bei 3 Fällen eine Oberflächenspannungserhöhung und gleichzeitig eine Viskositätserniedrigung ein, bei den übrigen 2 Fällen eine Erniedrigung der Oberflächenspannung und Viskositätserhöhung. Cordua fiel auf, daß die Viskositätswerte der Karzinomkranken gegenüber den

Nichtkarzinomatösen ohne jede Bestrahlung viel höher sei. Seine Viskositätswerte waren nach der Bestrahlung erhöht. Dieser Widerspruch mit den Resultaten von Herzfeld und Schinz (28) suchte er darin zu erklären, daß letztere mit Serum anstatt mit Plasma gearbeitet hätten.

2. Kohlensäurebindungsvermögen.

Neben anderen studierte Kroetz (43) das Kohlensäurebindungsvermögen des Blutes und beobachtete, daß die Kohlensäurespannung bei Mensch und Tier eine deutliche Senkung nach der Röntgenbestrahlung zeige, die etwa in 24 Stunden ihr Maximum erreiche, dann aber noch tagelang mehr oder weniger stark anhalten konnte. Er fand, wie auch andere Autoren, eine ausgesprochene Zweiphasigkeit der Reaktion. Unmittelbar nach der Bestrahlung findet sich eine flüchtige Azidose bzw. Hypokapnie, dann nach 2—5 Stunden eine langsam zunehmende Alkalose bzw. Hyperkapnie, die mehrere Tage anzuhalten pflegt. Darüber hinaus fand v. Pannewitz (54) als gewisse Gesetzmäßigkeit die Abhängigkeit der Reaktionsgröße von der bestrahlten Körperregion; ferner, daß die Größe und vor allem die Richtung der Reaktion von den bestrahlten Organen abhängig sei. Am geringsten war die Reaktionsbreite bei den Extremitäten. Größer schon die Beeinflussung bei Bestrahlung des Mediastinums. Hier gab sich in der ersten Phase eine deutliche Verminderung der Alkalireserve etwa um 5—10 Vol.%, in der zweiten eine Vermehrung über den Anfangswert hinaus. Am deutlichsten prägte sich die Zweiphasigkeit der Reaktion bei Bestrahlung des Magens aus. Die Schwankungsbreite betrug hier 16 Vol.%. Hier trat eine Verminderung von 4 bis 13 Vol.% und eine Vermehrung von 10 bis 22 Vol.% über den Anfangswert ein. Der Durchschnittswert aller Messungen der Schwankungsbreite ergab 21 Vol.%. Ganz anders war diese Reaktion bei Leberbestrahlung. Da sich schon bei jeder Lebererkrankung, nach Adler, eine beträchtliche Verminderung der Alkalireserve findet, sah er eine gewaltige Verstärkung der azidotischen Phase sowie Verringerung bis völligess Fehlen der alkolotischen. Die sofort einsetzende Hypokapnie wurde bis zu einem Ausmaß von 26 Vol.% beobachtet. Diese mehrere Tage lang anhaltende Erscheinung tritt auch bei Lebergesunden auf.

Straub und Gollwitzer-Meier (62) sahen unter der Einwirkung von positiv geladenen Alphastrahlen, und zwar der Radiumemanation und des Radium F (Polonium) auf Hämoglobin und auf Suspensionen roter Blutkörperchen in isotonischer Kochsalzlösung eine charakteristische Veränderung der Kohlensäurebindungskurve. Sie beobachteten, daß die beiden an unbestrahlten Lösungen festgestellten

Unstetigkeiten in der Kohlensäurebindungskurve nach schwacher Bestrahlung bei basischerer Reaktion auftraten als an unbestrahlten Proben. Bei intensiverer Bestrahlung wurde zunächst die erste, bei noch stärkerer auch die zweite Unstetigkeit durch einen stetigen Kurvenverlauf überbrückt. Schon in früheren Untersuchungen über die Kohlensäurebindungskurven im hämolisierten Blut und in Suspensionen menschlicher roter Blutkörperchen in isotonischer Kochsalzlösung hatten sie dargelegt, daß der Verlauf dieser Kurven weitgehend durch elektrische Ladungen der Phasengrenze beeinflußt würde. Sie betrachteten daher als Angriffsort der Wirkung der Alphastrahlen die elektrische Doppelschicht an der Phasengrenze. Erst nach deren Vernichtung ergibt sich ein stetiger Verlauf der Bindungskurve.

3. Wasserstoffjonenkonzentration.

Die Studien von Otto Strauß über die Wasserstoffjonenkonzentration setzten Konrich und Scheller (39) in systematischer Weise fort. Der Durchschnittswert ihrer Ergebnisse am menschlichen Blutserum war vor und nach der Bestrahlung gleich groß. Anders dagegen die Resultate bei Bestrahlung von Tieren. Hier konnten sie eine Verminderung nach der Bestrahlung sehen. Bei Kaninchen waren diese Unterschiede sogar sehr erheblich. v. Pannewitz (54) wiederholte diese Versuche bei Kaninchen und Menschen. Er fand, daß seine Ergebnisse bei Tieren und Menschen im großen und ganzen sich deckten.

4. Gefrierpunktserniedrigung.

Konrich und Scheller (39) untersuchten ebenfalls die Strahlenwirkung auf die Gefrierpunktserniedrigung des Blutes. Es wurden 16 Patienten beobachtet, davon zeigten 12 eine Zunahme und 4 eine Abnahme des Wertes. Der Durchschnittswert aller Fälle zeigte auch dies Ergebnis. Gewiß sei die Zunahme nicht erheblich und die Autoren sind daher der Ansicht, daß bei längerer Versuchsreihe kein Unterschied vor und nach der Bestrahlung im Durchschnitt gefunden würde, jedoch ließ die Tatsache, daß dreiviertel aller untersuchten Kranken eine Zunahme aufwiesen, daß ferner die durchschnittliche Zunahme doch nicht so ganz winzig sei, die Wahrscheinlichkeit als berechtigt annehmen, daß die Bestrahlung eine Zunahme der Gefrierpunktserniedrigung zur Folge habe.

5. Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit.

Über die Veränderung der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit liegen erst wenige Arbeiten vor. Von 17 Fällen, die v. Mikulicz-Radecki (52) untersuchte, zeigten 5 nach der Bestrahlung eine deutliche Sedimentierungsverlangsamung, 5 eine Verlangsamungstendenz, 4 eine Beschleunigung, der Rest blieb gleich. Bei seinen experimentellen Versuchen ergab der Vergleich zwischen in vivo und in vitro bestrahltem Blut derselben Patientin, daß das nach der Bestrahlung der Patientin entnommene Blut etwas langsamer, das in vitro bestrahlte bedeutend langsamer senkte, die Kontrolle hingegen eine geringe Beschleunigung aufwies. Dieselben Resultate fand Klein (35), der ebenfalls nach Röntgenbestrahlung ein wechselndes Verhalten der Erythrozytensenkungsgeschwindigkeit feststellte. v. Mikulicz-Radecki wie Brummer kommen zu der Ansicht, daß die Verschiedenheit der elektrischen Ladung der Erythrozyten der Hauptfaktor der S.Z. darstelle. Brummer (6) zeigte durch seine Versuche in vitro, daß dort, wo die wenigsten Ladungen an den Blutkörperchen vorhanden waren, diese durch Röntgenstrahlen am schnellsten entfernt wurden. Bei den zahlreicheren Ladungseinheiten der fibrinogenfreien Erythrozyten wurde durch die Bestrahlung ein geringerer Effekt erzielt, während ihrer Ladung beraubte Blutkörperchen auf Röntgenstrahlen nicht reagierten.

Valeeff (66) injizierte Kaninchen Thorium X und stellte in eingehenden Untersuchungen seinen Einfluß auf die Erythrozytensenkungsgeschwindigkeit fest. Er kam zu folgendem Ergebnis: Kleine Dosen von Thorium X üben keinen Einfluß auf die S.Z. der roten Blutkörperchen aus. Eine Beeinflussung erfolgt aber durch große, schädigende Dosen, und zwar im Sinne einer stark ausgesprochenen Beschleunigung. Die Senkungsbeschleunigung tritt aber nicht unmittelbar nach der Injektion, sondern erst am ersten und zweiten Tage ein. Sie verläuft parallel mit einer Leukopenie. Eine direkte ladungsändernde Einwirkung des Thorium X auf die Erythrozyten läßt sich nicht erweisen.

6. Hämolyse.

Eine Auflösung der roten Blutkörperchen durch Röntgenstrahlen im strömenden Blute wurde bisher noch nicht beobachtet. Es ist dies um so leichter verständlich, als es erst Holthusen (71) gelang, nach Anwendung ungeheurer Röntgendosen (50 H.E.D.), in Agar suspendierte Erythrozyten zur Auflösung zu bringen. Ebenso wurde durch Hausmann (24) und Kerl eine Radiumhämolyse nur in vitro durch Gammastrahlen und von Yamasaki (71) durch Beta und Gammastrahlen in Stickstoffatmosphäre nachgewiesen.

7. Salze.

Hatten Voltz, danach Sielmann und Schlagintweit (74) nach Kochsalzinfusionen eine Abnahme der Katersymptome beobachtet, so führten die darauf angestellten Versuche über den Kochsalzgehalt des Blutes zu dem Ergebnis, daß er unmittelbar nach der Bestrahlung verringert sei. Dies wurde wiederholt bestätigt, jedoch zeigten Kohlmann und Andersen (72), daß nach 48 Stunden die Norm wieder erreicht sei. Während Kroetz und neuerdings Jugenburg (34) vermehrte Chlorausscheidung durch die Nieren nach Röntgenbestrahlung feststellten, sah Koch (37) in der Mehrzahl seiner Fälle eine Chloreinwanderung, zum Teil erheblichen Grades, in die Erythrozyten. Nur bei vagotonischen Patientinnen trat nach Bestrahlung eine erhebliche Verminderung des Chlorgehaltes in den roten Blutkörperchen ein.

Was die übrigen Salze wie Kalium, Calcium usw. betrifft, so sah Kroetz bei Mensch und Tier nach großen Röntgendosen regelmäßig eine Zunahme von Kalium und Phosphaten, eine Abnahme von Calcium. Bei kleineren Dosen schien ihm das entgegengesetzte Verhalten aufzutreten. Andersen und Kohlmann (72) dagegen beobachteten umgekehrte Bewegungen des Kalium und Calcium.

Nach der intravenösen Injektion von 30 000 bis 80 000 M.E. Radiumbromid pro K.G. bei einmaliger oder in kurzen Intervallen wiederholter Injektion blieb, nach Hosokawa (30), beim Hunde die Trockensubstanz des Blutes, abgesehen von geringfügigen Schwankungen, unverändert; der Blutzucker sank etwas in unmittelbarem Anschluß an die Injektion, blieb aber in der Folgezeit auf normaler Höhe. Der Reststickstoffgehalt des Blutes stieg etwas nach der Injektion an, ohne jedoch den kritischen Wert zu überschreiten, stellte sich aber alsbald wieder auf den normalen Wert ein; der Chlorgehalt des Blutes zeigte ebenfalls höchstens eine leichte vorübergehende Vermehrung.

Über den Einfluß des Radiums auf den anorganischen Phosphor berichten Kotschneff und Arapoff (40). Sie angiostomierten Hunde und brachten Radonlösungen (10—30 Millicurie) entweder in die Vene oder in den Magen oder Darm. Sie fanden, daß Radoneinführung in die Blutbahn, in den Magen, in den Darm und in die Gallenblase eine Abnahme an anorganischem Blutphosphor aller Gefäßgebiete des nüchternen Hundes bewirke. Auch in der Verdauungsperiode wurde nach Radoneinverleibung Abnahme an anorganischem Phosphor aller Gefäßgebiete beobachtet. Gleichzeitige Untersuchungen des arteriellen Blutes, des Blutes der Pfortader, der Lebervene, der Nierenvene und der Femoralvene zeigten eine sehr bedeutende Abnahme an anorganischem Phosphor im Nierenvenenblute.

8. Stickstoff.

Bei Stoffwechseluntersuchungen von Kaninchen, deren Lebergegend, Brust und Oberschenkel bestrahlt worden war, fand Tsukamoto (65) im Blute eine Vermehrung des Reststickstoffes und des Stickstoffes der Aminosäuren, ferner die des Harnsäurestickstoffes. Jugenburg (34) beobachtete bei Meerschweinchen, daß die bedeutendste Verminderung des N-Gehaltes im Blute bei denjenigen Tieren sich vorfand, die vor 14 Tagen mit ½ H.E.D. bestrahlt worden waren.

9. Eiweiß.

Untersuchungen über den Eiweißgehalt des Blutes nach Röntgenbestrahlungen von Mahnert zeigten bei geringer Dosis eine Abnahme des Eiweißgehaltes. Mahnert und Zacherl (49) fanden dagegen nach intensiver Bestrahlung eine Anreicherung des Eiweißes im Serum. Die Bestimmungen von Klewitz, wie später von Behrens (3), ergaben solche Schwankungen, daß sich keine bindenden Schlüsse daraus ziehen ließen. Bei Beobachtungen der verschiedenen Eiweißkörper im Blute in ihrer Reaktion auf Röntgenstrahlen sahen Herzfeld und Schinz (28) nach der Bestrahlung eine Abnahme des Albumingehaltes zugunsten der Globuline. Knipping und Kowitz (36) untersuchten ebenfalls die verschiedenen Bestandteile, wie das Fibrinogen, Pseudoglobulin und das Albumin sowohl am Patienten wie in vitro. Es ergab sich eine Zunahme des Fibrinogens, Euglobulins und Pseudoglobulins, eine Abnahme des Albumins. Die Zunahme des Fibrinogens nach Strahleneinwirkung bestätigten Kaznelson und Lorant (45) in 11 Fällen als konstant. Sicher ist jedenfalls die regelmäßige Verschiebung des Albumin-Globulin-Quotienten. In welcher Richtung, darüber sind die Resultate verschieden. Es hängt auch hier, wie bei so manchen anderen Untersuchungen, von der Art der Krankheit ab, an welcher die bestrahlten Patienten leiden, deren nicht genügende Berücksichtigung widersprechende Resultate zeitigt. So sah Behrens regelmäßig bei Patienten mit Magen und Duodenalgeschwüren, klimakterischen Blutungen usw., die er als Normalfälle im immunbiologischen Sinne bezeichnet, eine Vermehrung des Albumins, eine Abnahme des Globulins. Bei Allergikern, immunbiologisch gemeint, wie Kranke mit irgendwelchen entzündlichen Affektionen, Tuberkulose usw., Asthmatikern, sah er eine Vermehrung des Globulins und eine Abnahme des Albumins. Gloor und Zuppinger (21) publizierten jüngst ihre Blutuntersuchungen bei protrahiert-fraktionierter Bestrahlung. Sie fanden, daß die Kurve des Gesamteiweißes im Laufe der Bestrahlung

leicht fallende Tendenz zeige. Der Tiefpunkt wird in der Regel ungefähr 1 Woche nach Abschluß der Strahlenbehandlung erzielt. Nachher tritt in den günstigsten Fällen allmähliche Erholung zu normalen Werten ein. Die Globulinzahlen, die in den meisten Fällen zu Beginn entsprechend der Natur des Leidens recht hoch sind, fallen kurze Zeit nach Beginn der Behandlung, um dann nachher gegen Ende der Bestrahlung wieder anzusteigen und 1—2 Wochen nach Abschluß der Bestrahlung ihren Höhepunkt, der vielfach bedeutend über dem Anfangswert liegt, zu erreichen. Auffallend ist das reziproke Verhalten der Globulinkurve zur Leukozytenkurve. Einem Hochstand der Leukozytenkurve entspricht ein Tiefstand der Globulinwerte und umgekehrt. Der anfängliche Leukozytenanstieg zeigt keine entsprechende Änderung der Globulinwerte.

10. Lipoide.

Zahlreiche Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Cholesterin zwingen dazu, zwischen den verschiedenen Untersuchungsmethoden scharf zu trennen. Cholesterin in Choroform gelöst wird durch Röntgenstrahlen zerstört. Davon berichteten zuerst Roffo und Korrea (56) und es bestätigten zahlreiche andere Untersucher. Nicht so feststehend sind die Resultate, ob auch in anderen Lösungen, etwa wie Benzin, Benzol, Toluol, Aceton usw., eine Zerstörung stattfindet. Hummel (32) untersuchte zuerst die in Chloroform gelösten Cholesterinfettsäureester auf ihre Radiosensibilität und fand, daß auch sie wie ungebundenes Cholesterin zerstört wurden. Anders dagegen verhielt sich das im Fett bzw. Blutserum gelöste ungebundene Cholesterin bzw. seine Fettsäureester. Sie wurden in vitro durch Röntgenstrahlen bei 1650 r einstrahlender Energie nicht beeinflußt. Roffo und Degiorgi (56) bestrahlten Blutcholesterin in vitro und kamen zu dem Ergebnis, daß die Bestrahlung des Blutserums in vitro eine Zerstörung des Cholesterins hervorruft, welche in einigen Fällen 67% beträgt; daß die Intensität der Zerstörung abhängig ist von der Bestrahlungszeit; daß die Zerstörung um so größer, je geringer der Cholesteringehalt ist. Hatte Strauß (63) als erster und zuerst von einer beträchtlichen Zunahme des Cholesteringehaltes des Serums nach Röntgenbestrahlung in vitro berichtet, so mußte er in einer späteren Arbeit feststellen, daß bei malignen Tumoren und sonstigen Krankheiten, mit wenigen Ausnahmen, ein Abfall eintrete. Diese Ergebnisse wurden von verschiedenen Autoren mit wechselndem Resultate nachgeprüft. Erst Levy-Dorn und Burgheim (47) bestrahlten gesunde Hunde und fanden, daß nach anfänglichem Abfall (sehr deutlich nach 3 Stunden)

die Kurve des Cholesterins einen unregelmäßigen Verlauf nehme, bis sich der normale Zustand nach einigen Wochen wiederhergestellt hatte. Pohle und Severinghaus wiederholten diese Versuche. Sie bestrahlten 6 Hunde, davon zeigte sich nur bei einem eine nennenswerte Senkung des Cholesterinspiegels, während die 5 übrigen nur Schwankungen innerhalb der Fehlergrenze aufwiesen. Weiterhin stellten Levy-Dorn und Burgheim fest, daß bei malignen Tumoren, im Gegensatz zu anderen Erkrankungen bei denen, soweit bisher beobachtet, es zu einem Cholesterinabfall kommt, eine Zunahme des Cholesterin nach Bestrahlung sich finde. Bei Karzinomen (davon berichten auch Mattik und Buchwald (45) war der Cholesteringehalt in einem Kubikzentimeter Blut geringer als in einem Kubikzentimeter Serum, während bei anderen Erkrankungen ein umgekehrtes Verhalten beobachtet wurde. Hubert (31) sah bei Karzinomkranken ein Sinken des Cholesterinspiegels nach Röntgenbestrahlung, bei Geheilten oder ovariell bedingten Blutungen ein Steigen. Ebenso fanden Mattik und Buchwald in 95% der Fälle auch bei malignen Tumoren einen Abfall, so daß Hummel (32) in seinen neuesten Untersuchungen zu dem zusammenfassenden Resultat kommt: Bei Menschen tritt nach Röntgenbestrahlung ein Cholesterinabfall im Serum ein. In einigen Fällen auch ein Cholesterinanstieg. Hervorgehoben muß werden, daß die Angabe der Bestimmungsmethode des Cholesterins, ob nach Liebermann-Authenried-Funk oder nach Windaus, teils in der Literatur überhaupt nicht verzeichnet, teils eine verschiedene ist, so daß sich wohl auch hieraus manche Widersprüche ableiten lassen.

Die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf das Lezithin harrt ebenfalls der Klärung. Mesernitzky glaubte durch Radiumstrahlen eine Zersetzung nachweisen zu können, ebenso kam Werner (69) zu der Ansicht, daß aus dem Lezithin nach Bestrahlung sich Cholin bilde. Während Wohlgemuth feststellen konnte, daß reines Lezithin nicht durch Strahlen angegriffen wurde, glaubte Ivar Bang (45) darauf hinweisen zu müssen, daß seine Reindarstellung noch nicht gelungen sei und es daher kein Gegenstand der wissenschaftlichen Prüfung sein könne.

11. Kohlehydrate.

Eingehende experimentelle Feststellungen von Rother (57) über den Blutzuckerspiegel nach Röntgenbestrahlungen zeigten (unter Bestätigung der Ergebnisse von Strauß und Rother, Lüdin (48), Herold (72) und vielen anderen), daß bei geeigneten Tieren, Hunden, Meerschweinchen und vor allem Kaninchen, nach Applikation einer

kräftigen Röntgenstrahlendosis auf die Oberbauchgegend ein lebhafter Anstieg des Blutzuckers eintrete. Innerhalb von 1—1½ Stunden stieg der Blutzuckerspiegel von seiner normalen Höhe um 0,10% herum auf Werte von etwa 0,17—0,19% und fiel dann allmählich wieder ab. Dieser Effekt ist nicht auf zufällige Begleitumstände bei der Bestrahlung, etwa auf die Fesselung der Tiere, zurückzuführen, sondern ist durch Röntgenstrahlen selbst bedingt. Nach 2tägigem Hunger bleibt der Blutzuckeranstieg aus. Abweichende Resultate sind nur durch veränderte Versuchsbedingungen zu erklären. Daß die Beeinflussung des Blutzuckerspiegels zugleich noch von anderen Faktoren abhängig ist, ist selbstverständlich. So ist bei der Bestrahlung von Diabetikern, bei denen ähnlich wie bei Hungernden eine Alteration des Kohlehydratstoffwechsels sich findet, über Blutzuckersenkung berichtet worden.

12. Hämoglobin.

Die Veränderung des Hämoglobingehaltes zeigt, wie Kolta und Förster (38) angeben, keine großen Schwankungen. Nach der Bestrahlung ergaben sich zwar etwas niedrigere Werte, die aber allmählich stiegen; die Ausgangswerte innerhalb der 2. Woche jedoch nicht erreichten. Immerhin ist nach intensiven Bestrahlungen ein starkes Absinken des Färbeindex und damit des Farbstoffgehaltes der Erythrozyten stets zu beobachten. Nach Krömeke (41) bedeutet dies, bei normaler Erythrozytenzahl, neben ihrer Resistenzverminderung mit das erste Kennzeichen ihrer Schädigung.

13. Blutgerinnung.

Daß die Blutgerinnung durch Röntgenstrahlen im Sinne der Beschleunigung beeinflußt wird, steht wohl einwandfrei fest. Zwar beobachtete Linhardt (45) verschiedenes Verhalten. Er wandte zwei Strahlendosen, die Kastrations- und Karzinomdosis an. Bei der Kastrationsdosis fand er teils eine Verkürzung, teils eine Verlängerung der Gerinnungszeit. Bei der Karzinomdosis traf fast stets eine Verkürzung der Blutgerinnungszeit ein. Aber zahlreiche Untersucher, unter anderem Voltz und Scholten (60), sahen bei rein funktionellen Blutungen, was um so bedeutungsvoller ist, eine deutliche Blutgerinnungsbeschleunigung. Herzfeld und Schinz (28) bestrahlten Blut in vitro mit Röntgenstrahlen und fanden ebenso eine starke Gerinnungsbeschleunigung. Über die Art und Weise der Blutgerinnung, hervorgerufen durch Röntgenstrahlen, herrscht bis jetzt keine einheitliche Ansicht. Nach Stephan (45) ist der Angriffspunkt der retikulo-endotheliale Apparat

der Milz, sozusagen „das Gerinnungsorgan des ganzen Körpers". Voltz und Scholten und mit ihnen viele andere teilen diese Ansicht nicht, sondern sehen in dem gesteigerten Leukozytenzerfall und der dadurch frei werdenden Thrombokinase die Ursache der Beschleunigung. Inwieweit noch die Veränderung der Wasserstoffjonenkonzentration, die anderweitige Verteilung der Viskosität, der Serumeiweißkörper, die Vermehrung des Fibrinogengehaltes dabei eine Rolle spielen, ist noch nicht klar ersichtlich. Die blutstillende Wirkung der Röntgenstrahlen hält zwar etwa 4—5 Tage an, tritt jedoch nach wiederholt vorgenommenen Bestrahlungen stets wieder ein.

IV. Fermentative und immunisatorische Veränderungen.

1. Fermente.

Über die Einwirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die fermentativen Prozesse im Blute wissen wir noch wenig. Nach H. Meyer, Bering verändern sich dieselben erst nach starker Bestrahlung. Neuberg stellte jedoch eine Fermentaktivierung nach Anwendung kleiner Dosen von Radiumstrahlen fest. Mertz (50) fand zwar nach einer sehr geringen und ganz lokalen Bestrahlung eines kleinen Hautfeldes mit etwa $^1/_5$ Erythemdosis eine prompte Vermehrung des peptolytischen Index; bei intensiveren Bestrahlungen aber, wie bei Menorhagien, eine zwar größere und sicher sehr beträchtliche, aber wohl nicht im Verhältnis zu den aufgewandten größeren Bestrahlungsenergien stehende Vermehrung. Ganz enorm war die Erhöhung, die sich bei weniger intensiven, dafür große Hautfelder umfassenden Oberflächenbestrahlungen bei Dermatosen ergaben. Bucher (7) stellte weitgehende Serumuntersuchungen über die Abbaufähigkeit krebskranker Individuen an. Nach ihm läßt sich der Einfluß der Röntgenbestrahlung auf das karzinomatöse Gewebe nicht im Sinne einer Steigerung der Abbaufähigkeit des Serums nachweisen.

Hallheimer und Schinz (23) beobachteten den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Indophenolblauoxydasen in den Leukozyten und fanden in unmittelbarem Anschluß an die Bestrahlung keine Veränderung der stabilen und labilen Oxydasen der Leukozyten. Gassul und Polakov (19) sahen bei einer mit verhältnismäßig schwacher Dosis bestrahlten 3%igen Pepsinlösung eine um das Zweifache verstärkte Wirkung. Größere Röntgenstrahlendosen schädigten oder zer-

störten das Pepsinferment. Goldstein und Neworoschkin (22) untersuchten die Veränderungen der Katalase und Lipase im Blute und sahen unter dem Einflusse der örtlichen Röntgenbestrahlung die Zunahme der Katalasenmenge, die Menge der Lipase sank in einigen Fällen, in anderen stieg sie. Der Schwankungsgrad beider Fermente hängt vom bestrahlten Organ ab. Als sehr strahlungsempfindliches Ferment erwies sich die Katalase.

2. Bakterizidie.

Versuche über die bakteriziden Wirkungen bei Röntgenstrahlen stellten neuerdings wiederum Pauli und Sulger (73) an. Sie bestrahlten Pyocyaneus und Staphylokokkenkulturen und fanden eine große Abhängigkeit der bakteriziden Kraft von der Temperatur; zweitens, daß die Verzettelung die bakterizide Kraft der Röntgenstrahlen stark steigere. Hatten die Versuche von Aschkinaß und Caspary eine Wachstumshemmung bei frisch angelegten Prodigiosuskulturen durch Radium gezeigt, wobei sich herausstellte, daß den Alphastrahlen die größte, den Gammastrahlen die geringste bakterizide Wirkung zukomme, so ergaben die Versuche von Simons und Strauß (61) an Prodigiosus und Staphylococcus aureus mit Thorium X Stäbchen hochgradige Bakterizidie. Daß aber im Blute von bestrahlten Kaninchen stark bakterizide Kräfte vorhanden seien, haben wohl zuerst Dresel und Freund (45) gezeigt; Lewen fand im Gegensatz dazu bei seinen Dosen eine Verminderung, Halberstädter wiederum eine Steigerung. Nißniewitsch und Fraenkel, welche die Wirkung von Röntgenstrahlen auf lokale und allgemeine Infektionen untersuchten, sahen keinen günstigen Einfluß gegen die Allgemeininfektion bei Meerschweinchen und Kaninchen. Fried (17) legte sich die Fragen vor: Wird durch Röntgenstrahlen Bakterizidie erzeugt, oder schon vor der Bestrahlung vorhandene merklich gesteigert? Er fand bei 44 mit Entzündungsdosen bestrahlten Fällen reagierten 29, d. i. 68,2% in diesem Sinne positiv, 15 negativ; bei 36 Seren von Kranken mit eitrigen Infektionen 22, d. i. 61,1% mit erhöhter Bakterizidie. Dresel und Keller hatten behauptet, daß mit zunehmender Inaktivierung eines Serums seine bakteriziden Kräfte mäßig bis stark verringert oder ganz aufgehoben würden. Fried fand diese Behauptung vollauf bestätigt. Er fand weiter, daß Bakterizidie 2 Tage nach der Bestrahlung, in fieberfreiem Stadium, im Gegensatz zu Dresel und Keller, entstehe. Er hielt den Beweis für erbracht, daß die Bestrahlung Bakterizidie bewirke. Weiterhin entnahm er 16 Kranken Blut und zentrifugierte es, bestrahlte das Serum im Reagenzglas mit derselben Dosis, die der

Patient auf die Körberoberfläche bekommen hatte. Niemals zeigten sich im bestrahlten Serum eine über das Maß normaler Schwankungen hinausgehende Veränderung der Bakterizidie gegenüber dem kranken Serum vor der Bestrahlung. Er kam zu dem Schlußergebnis, daß die Bakterizidie nur im lebenden Körper, im strömenden Blute zustande kommen kann. Die von Baß und Jaroschka (2) angestellten Tierversuche über Steigerung der Resistenz gegen Streptokokkensepsis durch Röntgenstrahlen ergaben, daß durch lokale Vor- und Nachbestrahlung zwar keine Immunisierung, doch aber eine Resistenzsteigerung gegen Streptokokkensepsis erzielt wurde, die bedeutend ist und regelmäßig auftritt.

3. Komplemente.

Über den Komplementgehalt des gesunden Blutes nach Röntgenbestrahlung berichtete Cori (9), daß nach Bestrahlung in vitro ein Sinken festzustellen sei. Dagegen sei dies nicht immer der Fall bei Bestrahlung in vivo. Hempel (27) untersuchte experimentell den Einfluß von Röntgenstrahlen auf die Bildung von spezifischen Agglutininen. Er sah, daß hohe Dosen, welche die Leukozytenzahl auf unter 1000 herabdrücken, den Abwehrmechanismus so weit schädigen können, daß die Tiere einer nachfolgenden Infektion erliegen. In gleicher Weise wirken mittlere Dosen, während schwache und schwächste Dosen eine Schädigung des die spezifischen Agglutinine bildenden Apparates nicht herbeiführen. Eine erhöhte spezifische Agglutininbildung bei schwachen Röntgendosen konnte nicht festgestellt werden. Seine Versuche stehen, hinsichtlich letzterer Ergebnisse, im Einklang mit den analogen Tierversuchen Holfelders.

V. Schluß.

Kommen wir zum Schlusse unserer Ausführungen, zur Zusammenfassung der Ergebnisse der Einwirkung von Röntgenstrahlen und Strahlen der radioaktiven Substanzen auf das Blut, so können wir nur das wiederholen, was Holthusen (29) über die biologischen Wirkungen der Röntgen- und Korpuskularstrahlen sagt: Alle Versuche, die Reaktionsweise des Blutes in ein System zu bringen, sind bisher gescheitert. Das darf nicht wundernehmen, wenn man die Vielfältigkeit der Abhängigkeiten bedenkt, als deren Resultat die Zusammensetzung des strömenden Blutes zu gelten hat.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Geheimen Rat Prof. Dr. Döderlein für die gütige Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates, wie Herrn Prof. Dr. Voltz für die freundliche Unterstützung bei Anfertigung der Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Literatur.

16. Alder u. Frei: Einfluß der Rö.-Strahlen auf Blut- und Agglutininbildung. Schweiz. med. Woch. 1924 Nr. 30 S. 670.
72. Andersen u. Kohlmann: siehe Fortschr. d. Rö.-Strahlen 1922 3. Kollegheft.
40. Arapoff u. Kotschneff: Radonwirkung auf die Phosphorverteilung im Intermediargebiet. Strahlenther. Bd. 36/1930 S. 360.
1. v. Babarczy: Die Änderungen des Blutcholesteringehaltes nach Rö.-Tiefentherapie. Strahlenther. Bd. 19/1925 S. 531.
2. Baß u. Jaroschka: Resistenzsteigerung gegen Streptokokkensepsis durch Rö.-Strahlen im Tierversuch. Strahlenther. Bd. 28/1928 S. 568.
3. Behrens: Über die Veränderungen der Bluteiweißkörper nach Rö.-Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 26/1927 S. 602.
4. Bock: Studien zur Blutbildänderung nach Rö.-Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 16/1924 S. 775.
5. Böhm: Blutbildveränderungen nach Buckybestrahlungen. Strahlenther. Bd. 35/1930 S. 592.
6. Brummer: Die elektrischen Ladungen der Erythrozyten als Hauptfaktor der Ursache der Senkungsgeschwindigkeit. Strahlenther. Bd. 22/1926 S. 322.
7. Bucher: Serumuntersuchungen über die Abbaufähigkeit krebskranker Individuen und deren Änderung durch therap. Rö.-Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 29/1928 S. 71.
47. Burgheim u. Levy-Dorn: Zum Einfluß der Rö.-Strahlen auf den Cholesteringehalt im Blute des gesunden und kranken Körpers. Strahlenther. Bd. 22/1926 S. 538.
8. Caffaratti: Contributo allo studio nelle modificazioni quantitative degli elementi del sangue nei radiologi e nel personale addetto agli istituti di radiologia. Radiologia medica 1922 fasc. 8 vol. IX. Ref. Strahlenther. Bd. 17/1924 S. 516.
9. Cori: Biological reaction of X rays: The influence of X rays on the complement, content of the blood of cancer patients. The americ. journ. of roentgenol. and radiumther. 1923/830. Ref. Strahlenther. Bd. 17/1924 S. 520.
10. Cordua: Plasmaveränderungen nach Rö.-Tiefenbestrahlung. Strahlenther. Bd. 20/1925 S. 322.
11. Cramer: Studien zur biologischen Wirkung der Rö.-Strahlen. Strahlenther. Bd. 28/1928 S. 431.
56. Degiorgi u. Roffo: Die Veränderungen des Blutcholesterins in vitro. Strahlenther. Bd. 33/1929 S. 385.

12. Doornkaat Koolman: Experim. Untersuchung über die Beeinflussung der Erythrozyten durch Rö.-Strahlen. Strahlenther. Bd. 21/1926 S. 868.
13. Fabricius-Möller: Experimentelle Studier over haemorhagisk diathese fremkaldt vel röntgenstraaler. Köbenhavn, Levin og Munkgaards forlag 1922. Ref. Strahlenther. Bd. 17/1924 S. 524.
14. Flaskamp: Über Rö.-Schäden und Schäden durch radioaktive Substanzen. XII. Sonderband der Strahlenther. 1930.
38. Förster u. Kolta: Die Wirkung der Rö.-Strahlen auf das Blut. Strahlenther. Bd. 21/1926 S. 644.
15. Fraenkel u. Nitsniewitsch: Über die Wirkung der isol. Blutbestrahlung auf die Zelle. Strahlenther. Bd. 21/1926 S. 452.
16. Frei u. Alder: Einfluß der Rö.-Strahlen auf Blut und Agglutininbildung. Schweiz. med. WSchr. 1924 Nr. 30 S. 670.
17. Fried: Bakterizidie nach Rö.-Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 21/1926 S. 56.
42. Friedrich u. Krönig: Physikal. und biolog. Grundlagen der Strahlentherapie. III. Sonderband der Strahlenther. 1918.
18. Fürst: Vergl. Untersuchungen über Blutschäden durch Rö.-Strahlen bei dem alten Bestrahlungsverfahren und bei den strahlenschutzsichern Metalixröhren. Strahlenther. Bd. 37/1930 S. 659.
19. Gassul u. Polakov: Über die biochem. Rö.-Strahlenwirkung auf die proteolyt. und anderen Prozesse in vivo und vitro. Strahlenther. Bd. 30/1928 S. 519.
20. Gigon u. Lüdin: Über den Einfluß der Rö.-Strahlen auf gewisse Bestandteile des Blutes. Schweiz. med. WSchr. 1926 Nr. 33.
21. Gloor u. Zuppinger: Blutuntersuchungen bei protahiert fraktionierter Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 40/1931 S. 438.
22. Goldstein u. Neworoschkin: Über die Veränderung der Katalase und Lipase im Blut der mit Rö.-Strahlen behandelten Kranken. Strahlenther. Bd. 36/1930 S. 736.
62. Gollwitzer-Meier u. Straub: Der Einfluß von Alphastrahlen auf Hämoglobin und Blutkörperchen. Biochem. Zeitschr. 1923 Nr. 136.
23. Hallheimer u. Schinz: Der Einfluß der Rö.-Strahlen auf die Indophenolblauoxydasen im Gewebe und in Leukozyten. Strahlenther. Bd. 20/1925 S. 331.
24. Hausmann: Über Strahlenhämolyse. Strahlenther. Bd. 9 Heft 1.
25. — Grundzüge der Lichtbiologie und Lichtpathologie. VIII. Sonderband der Strahlenther., Berlin u. Wien 1923.
26. Held: Die Blutzuckerregulation unter Rö.-Strahlen. Strahlenther. Bd. 38/1930 S. 27.
27. Hempel: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Rö.-Strahlen auf die Bildung von spez. Agglutinen. Strahlenther. Bd. 26/1927 S. 379.
72. Herold: Zur Frage der Blutzuckerregulation nach Rö.-Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 19/1925 S. 516.
28. Herzfeld u. Schinz: Blut- und Serumuntersuchungen vor und nach Rö.-Behandlung. Strahlenther. Bd. 15/1924 S. 84.
29. Holthusen: Immunität, Serologie, Hämatologie und Strahlentherapie. In Lazarus' Lehrbuch der Strahlenheilkunde, München 1928.
30. Hosokawa: Über die Wirkung von Ra-bromid bei intravenöser und peroraler Zufuhr im Hinblick auf die Verankerung des Ra. im Körper, sowie auf den intermediären Stoffwechsel. Strahlenther. Bd. 19/1925 S. 546.

31. Hubert: Über den Cholesteringehalt des Blutserums nach Rö.-Bestrahlung. Klin. WSchr. 1928 Nr. 5.
32. Hummel: Über die Beeinflussung des Cholesterins und seiner Fettsäureester durch Rö.-Bestrahlung in vitro und in vivo. Strahlenther. Bd. 36/1930 S. 533.
33. — Über die Beziehungen zwischen Cholesterinstoffwechsel und Rö.-Kater. Strahlenther. Bd. 38/1930 S. 308.
2. Jaroschka u. Baß: Resistenzsteigerung gegen Streptokokkensepsis durch Rö.-Strahlen im Tierversuch. Strahlenther. Bd. 28/1928 S. 568.
34. Jugenburg: Über die Einwirkung der Rö.-Bestrahlung auf den Stickstoff- und Chlornatriumstoffwechsel. Strahlenther. Bd. 25/1927 S. 288.
35. Klein: Untersuchungen über Senkungsgeschwindigkeit der Erythrozyten vor und nach Rö.-Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 16/1924 S. 232.
36. Knipping u. Kowitz: Über die Einwirkung der Rö.-Strahlen auf die Eiweilkörper des Plasma. Fortschr. d. Rö.-Strahlen 1924 Bd. 31 S. 660.
37. Koch: Über das Verhalten des Chlors in den Erythrozyten nach Rö.-Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 25/1925 S. 470.
72. Kohlmann u. Andersen: siehe Fortschr. d. Rö.-Strahlen 1922 3. Kollegheft.
38. Kolta u. Förster: Die Wirkung der Rö.-Strahlen auf das Blut. Strahlenther. Bd. 21/1926 S. 644.
39. Konrich u. Scheller: Über den Einfluß von Rö.-Strahlen auf Cholesteringehalt, Wasserstoffionenkonzentration, Gefrierpunktserniedrigung und Oberflächenspannung des Blutes. Strahlenther. Bd. 18/1924 S. 263.
40. Kotschneff u. Arapoff: Radonwirkung auf die Phosphorverteilung im Intermediargebiet. Strahlenther. Bd. 36/1930 S. 360.
36. Kowitz u. Knipping: Über die Einwirkung der Rö.-Strahlen auf die Eiweißkörper des Plasma. Fortschr. der Rö.-Strahlen 1924 Bd. 31 S. 660.
41. Krömeke: Über die Einwirkung der Rö.-Strahlen auf die roten Blutkörperchen. Strahlenther. Bd. 22/1926 S. 608.
42. Krönig u. Friedrich: Physikal. und biolog. Grundlagen der Strahlentherapie. III. Sonderband der Strahlenther. 1918.
43. Kroetz: Zur Biochemie der Strahlenwirkung. I. Mitt.: Der Einfluß ultravioletter und Rö.-Strahlen auf die aktuelle Blutreaktion und auf die Erregbarkeit des Atemzentrums. Biochem. Zeitschr. Bd. 151/1924 S. 146 u. 449, Bd. 153/1924 S. 165.
44. — Die Bedeutung physikal.-chem. und chem. Änderungen der Zusammensetzung des Blutes unter Rö.-Einwirkung. Strahlenther. Bd. 18/1924 S. 545.
45. Kuhlmann: Die Allgemeinwirkung der Rö.-Strahlen. Krit. Sammelreferat Strahlenther. Bd. 19/1925 S. 817.
46. Lapatsanis: Beitrag zur Allgemeinwirkung der Rö.-Strahlen auf den menschl. Organismus. Strahlenther. Bd. 22/1926 S. 484.
47. Levy-Dorn u. Burgheim: Zum Einfluß der Rö.-Strahlen auf den Cholesteringehalt im Blute des gesunden und kranken Körpers. Strahlenther. Bd. 22/1926 S. 538.

20. Lüdin u. Gigon: Über den Einfluß der Rö.-Strahlen auf gewisse Bestandteile des Blutes. Schweiz. med. WSchr. 1926 Nr. 33.
48. Lüdin: Blutzuckervermehrung beim Kaninchen nach Rö.-Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 19/1925 S. 772.
49. Mahnert u. Zacherl: Der Einfluß der Rö.-Strahlen auf die Körpersäfte und den Stoffwechsel des menschl. Organismus. Strahlenther. Bd. 16/1924 S. 163.
50. Mertz: Fermentvermehrung im Serum nach Licht und Rö.-Bestrahlung ein Index für Zellzerfallvorgänge. Strahlenther. Bd. 22/1926 S. 301.
51. Meyer: Lehrbuch der Strahlentherapie Bd. I/1925 S. 773.
52. v. Mikulicz-Radecki: Über die Veränderung der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit im Gefolge von Rö.-Tiefenbestrahlung. Strahlenther. Bd. 16/1924 S. 222.
22. Neworoschkin u. Goldstein: Über die Veränderung der Katalase und Lipase im Blut der mit Rö.-Strahlen behandelten Kranken. Strahlenther. Bd. 36/1930 S. 736.
53. Neumann: Über die Wirkung der Rö.-Strahlen auf die Leukozyten in vitro. Strahlenther. Bd. 18/1924 S. 74.
15. Nitsniewitsch u. Fraenkel: Über die Wirkung der isol. Blutbestrahlung auf die Zelle. Strahlenther. Bd. 21/1926 S. 452.
54. v. Pannewitz: Beeinflussung des Säure-Basenhaushaltes durch Rö.-Strahlen. Strahlenther. Bd. 24/1927 S. 327.
55. Papenheim u. Plesch: Experim. und histolog. Untersuchungen zur Erforschung der Wirkung des Thorium X auf den tierischen Organismus. Zeitschr. f. exp. path. Ther. 1912 Bd. 12.
55. Plesch u. Papenheim: wie vorstehender Titel.
19. Polakov u. Gassul: Über die biochem. Rö.-Strahlenwirkung auf die proteolytischen und anderen Prozesse in vivo und in vitro. Strahlenther. Bd. 30/1928 S. 519.
73. Pauli u. Sulger: Über die bakterizide Wirkung von Rö.-Strahlen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Strahlenther. Bd. 29/1928 S. 128.
56. Roffo u. Degiorgi: Die Veränderungen des Blutcholesterins in vitro. Strahlenther. Bd. 33/1929 S. 385.
57. Rother: Über den Angriffspunkt der Rö.-Wirkung am biolog. Objekt: Experimentstudie zur Analyse des Phänomens der Blutzuckerbeeinflussung durch Rö.-Strahlen. Strahlenther. Bd. 27/1928 S. 197.
58. Rud: Blutuntersuchungen bei Patientinnen mit Ca. colli uteri während der Ra.-Behandlung. Strahlenther. Bd. 25/1927 S. 195.
39. Scheller u. Konrich: Über den Einfluß von Rö.-Strahlen auf Cholesteringehalt, Wasserstoffionenkonzentration, Gefrierpunktserniedrigung und Oberflächenspannung des Blutes. Strahlenther. Bd. 18/1924 S. 263.
28. Schinz u. Herzfeld: Blut- und Serumuntersuchungen vor und nach Rö.-Behandlung. Strahlenther. Bd. 15/1924 S. 84.
23. Schinz u. Hallheimer: Der Einfluß der Rö.-Strahlen auf die Indophenolblauoxydasen im Gewebe und in Leukozyten. Strahlenther. Bd. 20/1925 S. 331.
74. Schlagintweit u. Sielmann: Untersuchungen über den Rö.-Kater. Klin. WSchr. 1922 Nr. 43.
59. Schneider: Die Schwankungen des Serumeiweißgehaltes, ihre Bedeutung und Beeinflussung bei der Lichtbehandlung, insbes. der der Tuberkulosen. Strahlenther. Bd. 26/1927 S. 586.

60. Scholten u. Voltz: Unsere Milzreizbestrahlungen bei Menorhagien und Metrorhagien. MonSchr. f. Geburtsh. u. Gynäkol. Bd. 62 S. 194.
74. Sielmann u. Schlagintweit: Untersuchungen über den Rö.-Kater. Klin. WSchr. 1922 Nr. 43.
61. Simons u. Strauß: Über die Einwirkung der Thorium-X-Stäbchen auf Bakterien. Strahlenther. Bd. 29/1928 S. 721.
62. Straub u. Gollwitzer-Meier: Blutgasanalysen. XIII. Mitteil.: Der Einfluß von Alphastrahlen auf Hämoglobin und Blutkörperchen. Chem. Zeitschr. 136/1923.
61. Strauß u. Simons: Über die Einwirkung der Thorium-X-Stäbchen auf Bakterien. Strahlenther. Bd. 29/1928 S. 721.
63. Strauß: Experim. Studien über gewisse biolog. Strahlenwirkung. Strahlenther. Bd. 14/1923 S. 81.
64. Strauß: Über den Einfluß der Rö.-Strahlen auf endozelluläre und Stoffwechselvorgänge. Strahlenther. Bd. 16/1924 S. 195.
73. Sulger u. Pauli: Über die bakterizide Wirkung von Rö.-Strahlen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren. Strahlenther. Bd. 29/1928 S. 128.
65. Tsukamoto: Über die Stoffwechselstörungen nach Bestrahlung der Leber mit Rö.-Strahlen. Strahlenther. Bd. 18/1924 S. 320.
66. Valeeff: Einfluß von Thorium X auf die Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen. Strahlenther. Bd. 26/1927 S. 363.
60. Voltz u. Scholten: Unsere Milzreizbestrahlungen bei Menorhagien und Metrorhagien. MonSchr. f. Geburtsh. u. Gynäkol. Bd. 62 S. 194.
67. Wada: Über den Einfluß von Ra. auf Körpergewicht und Blutbild bei intravenöser und peror. Zufuhr zum Körper. I. Mitteil. Strahlenther. Bd. 19/1925 S. 383.
68. Wada: Über den Einfluß wiederholter Ra.-Bromid-Injektionen auf Blutbild und Körpergewicht wie über die Verankerung und Verweildauer des Ra. im Organismus. II. Mitteil. Strahlenther. Bd. 19/1925 S. 779.
69. Werner: Experim. Untersuchungen über die Wirkung der Radiumstrahlen auf tierische Gewebe und die Rolle des Lecithins bei derselben. Zentralbl. f. Chir. 1904 Nr. 43.
70. Woenkhaus: Experim. Untersuchungen über die Einwirkung von Rö.-Strahlen auf Blut und blutbildende Organe an weißen Laboratoriumsratten. Naunyn-Schmiedebergs Archiv für experim. Path. u. Pharmakol. Bd. 131 Heft 5 u. 6.
71. Yamasaki: Zur Kenntnis der Radiumhämolyse. Strahlenther. Bd. 29/1928 S. 363.
49. Zacherl u. Mahnert: Der Einfluß der Rö.-Strahlen auf die Körpersäfte und den Stoffwechsel des menschl. Organismus. Strahlenther. Bd. 16/1924 S. 163.
21. Zuppinger u. Gloor: Blutuntersuchungen bei protrahiert fraktionierter Bestrahlung. Strahlenther. Bd. 40/1931 S. 438.

Lebenslauf.

Geboren bin ich, Franz Anton Zilcken, als Sohn des Rittergutsbesitzers Cornel Zilcken und seiner Frau Paula geb. Kolping am 1. Januar 1899 in Buir Bez. Köln. Ich besuchte die Volksschule in Buir, darauf die Gymnasien in Eschweiler, Düren und Rheinbach. 1917 bestand ich dort die Reifeprüfung und rückte im Anschluß daran zum Militärdienst ein, worin ich bis zum Kriegsende verblieb. Von 1919 bis 1924 weilte ich studienhalber im Ausland. 1925 begann ich mit dem Medizinstudium in Bonn, darauf in Berlin, Freiburg i. Br. In Freiburg bestand ich 1929 die ärztliche Vorprüfung. Die klinischen Semester absolvierte ich in Berlin, Wien, München, wo ich im Wintersemester 1930/31 die Staatsprüfung ablegte. Seit Januar 1931 bin ich in der medizinischen Poliklinik in München tätig.